

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Arus Lalu Lintas dan Kapasitas

Ukuran dasar yang sering digunakan untuk mendefinisikan arus lalu lintas adalah konsentrasi aliran dan kecepatan. Aliran dan volume sering dianggap sama, meskipun istilah aliran lebih tepat untuk menyatakan arus lalu-lintas dan mengandung pengertian jumlah kendaraan yang terdapat dalam ruang, yang diukur dalam interval tertentu. Sedangkan volume lalu-lintas sering terbatas pada suatu jumlah kendaraan yang melewati suatu titik dalam ruang selama satu interval waktu tertentu (Hobbs, 1995:419). Arus lalu lintas (Volume) pada suatu jalan raya diukur berdasarkan jumlah kendaraan yang melewati titik tertentu selama selang waktu tertentu. Dalam beberapa hal lalu lintas dinyatakan dengan *Average Annual Daily Traffic* (AADT) atau Lalu lintas Harian Rata-rata (LHR) bila periode kurang dari satu tahun (Oglesby, 1988:268). Dalam Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI, 1997:5-11) definisi arus lalu lintas adalah jumlah arus kendaraan bermotor yang melewati suatu titik jalan persatuan waktu, dinyatakan dalam kendaraan/jam (Q kend), smp/jam (Q smp) atau AADT (LHRT).

#### 2.2. Arus dan Komposisi Lalu Lintas

Nilai arus lalu lintas (Q) mencerminkan komposisi lalu lintas dengan menyatakan arus dalam satuan mobil penumpang (smp). Semua nilai arus lalu lintas (per arah dan total) diubah menjadi satuan mobil penumpang (smp) dengan menggunakan ekivalensi mobil penumpang (emp) yang diturunkan secara empiris untuk tipe kendaraan berikut:

1. Kendaraan ringan (LV) termasuk mobil penumpang, minibus, pickup, dan truck kecil.
2. Kendaraan berat (HV) termasuk truck dan bus
3. Sepeda motor (MC)

Pengaruh kendaraan tak bermotor dimasukkan sebagai kejadian terpisah yaitu dalam faktor penyesuaian hambatan samping. Ekuivalensi mobil penumpang (emp) untuk masing-masing tipe kendaraan tergantung pada tipe jalan dan arus lalu lintas total yang dinyatakan dalam kendaraan/jam (MKJI, 1997).

Dalam hubungannya dengan kapasitas jalan, pengaruh dari setiap jenis kendaraan tersebut terhadap keseluruhan arus lalu lintas, diperhitungkan dengan membandingkannya terhadap pengaruh dari suatu mobil penumpang. Pengaruh mobil penumpang dalam hal ini dipakai sebagai satuan dan disebut Satuan Mobil Penumpang (smp), bagi jalan-jalan didaerah datar digunakan koefisien dibawah ini:

**Tabel 2-1 : Contoh Faktor Konversi Terhadap SMP**

Jenis Kendaraan	Faktor Konversi
Sepeda motor	0.5
Mobil penumpang	1.0
Truk ringan / Mikro bus (<5ton)	2.0
Truk sedang	2.5
Bus	3.0
Truk berat (>5ton)	3.0

Di daerah perbukitan dan pegunungan, koefisien untuk kendaraan bermotor diatas dapat dinaikkan, sedangkan untuk kendaraan tak bermotor tak perlu dihitung (Alamsyah, 2001).

### 2.3. Persimpangan (*Intersection*)

Definisi persimpangan adalah suatu daerah umum dimana dua ruas jalan atau lebih bergabung atau berpotongan, termasuk fasilitas-fasilitas yang ada dipinggir jalan untuk pergerakan lalu lintas pada daerah tersebut (Morlok, 1988). Persimpangan dapat diklasifikasikan menjadi dua golongan yaitu persimpangan dengan lampu (*signalized intersection*) dan persimpangan tanpa lampu (*unsignalized intersection*). Pada persimpangan dengan lampu fasilitas-fasilitas yang ada berupa sinyal lalu lintas (*traffic light*) dan bundaran. Sedangkan

persimpangan tanpa lampu fasilitas-fasilitas yang ada berupa prioritas atau kanalisasi.

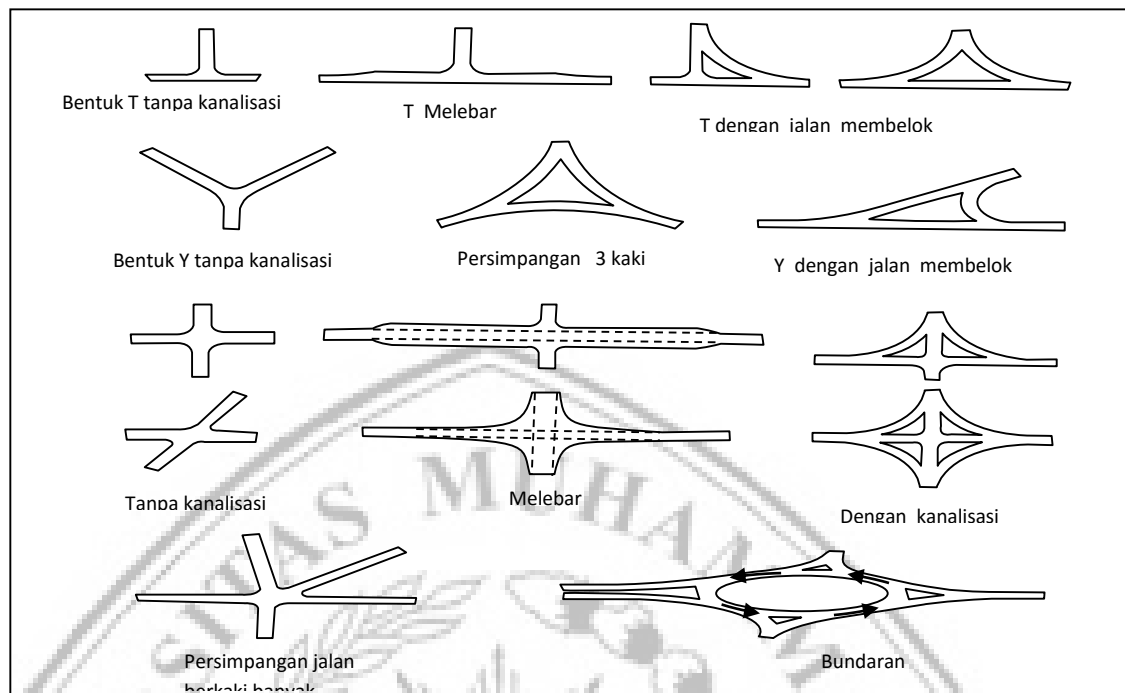
Pada suatu persimpangan umumnya sinyal lalu lintas ini dipergunakan untuk alasan sebagai berikut:

1. Untuk menghindari kemacetan persimpangan akibat adanya konflik arus lalu lintas, sehingga terjamin bahwa suatu kapasitas tertentu dapat dipertahankan, bahkan selama kondisi lalu lintas jam puncak.
2. Untuk mengurangi jumlah kecelakaan lalu lintas akibat tabrakan antara kendaraan-kendaraan dari arah berlawanan.

### **2.3.1. Geometris Pertemuan (*Intersection*)**

Karakteristik utama dari transportasi ialah bahwa setiap pengemudi bebas memilih rutanya sendiri didalam jaringan transportasi yang ada, dan karena itu perlu disediakan pertemuan-pertemuan untuk menjamin aman dan efisiensinya arus lalu lintas yang hendak pindah dari suatu ruas jalan ke ruas jalan yang lain (Morlok, 1985: 736). Pertemuan jalan terdiri dua kategori utama yaitu pertemuan sebidang (seperti pada gambar 2.1) dan pertemuan tak sebidang disebut *interchange*. Pertemuan sebidang adalah pertemuan dimana berbagai jalan atau ujung jalan masuk ke persimpangan mengarahkan lalu lintas masuk ke jalur yang dapat berlawanan dengan lalu lintas lainnya, seperti misalnya pada pertemuan di jalan-jalan kota. Sebaliknya, pertemuan tak sebidang adalah memisahkan lalu lintas pada jalur yang berbeda-beda sedemikian rupa sehingga pertemuan jalur dari kendaraan hanya terjadi pada tempat dimana kendaraan memisah dari atau bergabung menjadi satu pada jalur gerak yang sama.

Berbagai jenis pertemuan sebidang mencerminkan pola pengaturan dari jalan-jalan, derajat pemisahan dari gerakan-gerakan berlawanan tertentu, volume lalu lintas yang harus ditampung dan kecepatan serta luas daerah yang disediakan untuk fasilitas itu.



**Gambar 2.1** Berbagai jenis pertemuan jalan (Morlok, E. K. 1985)

### 2.3.2 Persimpangan Sebagai Titik Konflik

Untuk melihat sebab terjadinya kecelakaan ini, kita harus memperhatikan apa yang terjadi di persimpangan-persimpangan (Hobbs, 1995:148). Dimanapun arus lalu lintas memotong arus yang lain, disanalah tempat kemungkinan terjadinya kecelakaan. Titik potong ini disebut titik konflik yang terjadi setiap jamnya pada masing-masing pertemuan jalan dapat langsung diketahui dengan cara mengukur volume aliran untuk seluruh pergerakan kendaraan. Apabila ada pejalan kaki yang menyebrang jalan pada pertemuan jalan tersebut, konflik langsung kendaraan pejalan kaki akan meningkat, frekwensinya sekali lagi tergantung pada jumlah kendaraan dan pejalan kaki.

Konflik ada dua macam yaitu konflik-konflik utama (primer) yang terjadi karena gerakan-gerakan lalu-lintas yang datang dari jalan-jalan yang saling berpotongan, dan konflik kedua (sekunder) yang dipakai sinyal-sinyal untuk memisahkan gerakan lalu lintas dari pejalan kaki yang menyebrang (*Indonesian Highway Capacity*, 1997:22), jika hanya konflik-konflik primer yang dipisahkan, maka adalah mungkin untuk mengatur sinyal lalu lintas dengan dua fase masing-

masing sebuah untuk jalan berpotongan. Metode ini dapat selalu diterapkan jika gerakan belok kanan telah dilarang pada simpang. Karena pengaturan dengan dua fase memberikan kapasitas tertinggi dalam kebanyakan kejadian, maka pengaturan tersebut dijadikan dasar dalam kebanyakan analisa lampu lalu lintas.

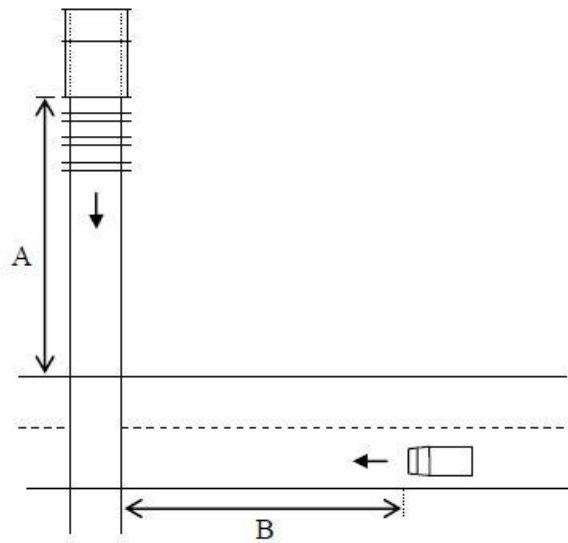
### 2.3.3 Perlintasan Sebidang Jalan Raya dengan Jalan Kereta Api

Jika jalan rel menyilang jalan umum permukaannya sama tinggi dengan jalan baja, persilangan itu disebut jalan perlintasan atau lintasan. Pada pokoknya ada dua macam perlintasan, yaitu:

1. Jalan perlintasan yang tidak di lalui kendaraan dan hanya untuk lalu lintas orang atau orang dan hewan,
2. Jalan perlintasan yang dilalui kendaraan.

Sangat penting untuk diperhatikan pada perlintasan-perlintasan adalah masalah keamanan lalu lintas, baik lalu lintas di jalan umum maupun kereta api. Lintasan khusus orang lebarnya 1,00 meter sedangkan untuk orang dan hewan tak kurang dari 1,50 meter. Lintasan semacam itu banyak sekali kita dapatkan didaerah tempat tinggal atau didalam kota. Lintasan tersebut tidak ada yang menjaga. Muka jalan umum dibuat sama tinggi dengan muka bantalan. Jadi dengan sendirinya, tidak dapat dilalui kendaraan umum karena berbahaya berhubungan tidak adanya penjagaan. Pengendara sepeda motorpun dipaksa turun, (Alamsyah, 2003).

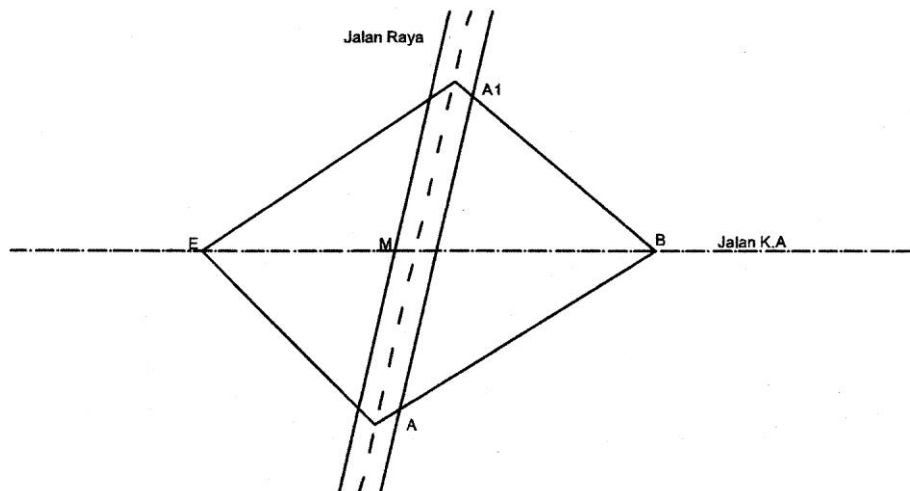
Untuk lintasan yang digunakan untuk lalu lintas kendaraan, keamanannya harus memenuhi syarat-syarat tertentu. Jalan lintasan yang penting diberi rel-rel lawan untuk menjamin tetap adanya alur untuk flens-flens roda. Alur itu lebarnya 40 mm, dan harus selalu bersih dari batu. Dilengkung lebar alur pada rel dalam ditambah dengan besarnya pelebaran sepur supaya roda-roda dalam tidak terjepit. Di dalam busur dengan  $R = 200$  meter, lebar alur 60 mm dan  $R = 150$  meter lebar alur 65 mm. panjang rel lawan sampai 0,8 meter diluar lebar jalan raya. Ujung rel lawan dibengkokkan ke dalam supaya tidak ada bahaya ditumbuk kereta api.



**Gambar 2.2** Gambar perlintasan sebidang jalan raya dengan jalan baja

Lintasan jenis ini pun ada yang tidak dijaga, jika lalu lintas baik di atas rel maupun di jalan umum tidak ramai dan cukup ada kebebasan pandangan. Alasan tidak dijaganya lintasan adalah untuk penghematan. Lintasan yang ramai diberi palang pintu atau pintu penutup jalan, yang dapat berputar ke arah vertikal (ke atas) atau ke arah horizontal mengambil dari sebagian jalan umum untuk berputarnya dan lintasan yang lebar harus dibuat pintu berdaun dua.

Kalau lintasan di atas rel tidak ramai, lintasannya tidak perlu dijaga, asalkan memenuhi persyaratan untuk amannya kedua lalu lintas itu. Tabrakan antara kereta api dan kendaraan umum tidak boleh terjadi, untuk tujuan ini pengendara di jalan umum harus dapat melihat kereta yang datang dari jarak yang cukup jauh, supaya ia masih dapat dengan aman melewati perlintasan atau menghentikan kendaraan dimuka lintasan. Jadi sekitar lintasan itu harus ada lapangan bebas penglihatan dari tumbuhan tinggi atau bangunan-bangunan. Lapangan tersebut dinamai kebebasan pandang, luasnya ditentukan.



**Gambar 2.3** Gambar lapangan pengelihatan (Alamsyah, 2003)

Jika di A ada mobil dan melihat kereta api di B, mobil harus dapat dihentikan tidak lebih jauh letaknya dari sepur sehingga mobil tidak tertabrak kereta api, artinya jika kereta lewat pengemudi harus sudah melewati titik M dan cukup jauh dari sepur. Sesudah pengemudi melihat kereta api di B, ia tidak dapat seketika itu mengerem, akan tetapi baru sesudah beberapa saat kemudian. Waktu yang terbangun ini, yaitu tempo reaksi dari pengemudi, normal kurang lebih 2 detik. Selama tempo reaksi itu, masih tetap berjalan sepanjang minimum 24 meter dan maksimum 41 meter. Sebelum dan sesudah menyilang sepur, jalan raya dibuat datar sepanjang 10 - 15 meter diluar pagar batas jalan raya. Pada titik A dan A1 dipasang tanda peringatan pendahuluan, berupa papan segitiga dengan gambar lokomotif kereta api.

Menurut K.L Bhanot dan S.B Sehgal (1983), pada kota-kota besar, lintasan kereta api jarang ada untuk menjaga lalu lintas berjalan lancar dan untuk menghindari kemacetan. Lintasan kereta api dipisah dengan jalan raya dengan cara membuat jalan atau jembatan kereta api menyeberang jalan raya atau melintas dibawah jalan raya dengan memanfaatkan letak geografis jalan raya.

Lintasan kereta api memotong jalan raya melibatkan beberapa elemen pengontrol untuk keamanan, yaitu rambu-rambu, lampu sinyal otomatis, gerbang kereta api.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan untuk mendesain lintasan kereta api:

1. Sudut, untuk mengurangi titik rawan kecelakaan, sudut sebaiknya tidak lebih dari 45°.
2. Panjang gerbang dan titik pusat gerbang harus sama dan menyilang sepanjang jalan raya secara normal (tegak lurus).
3. Jarak pandang minimal 50 meter (kanan dan kiri) disesuaikan dengan keadaan jalan dan keperluan.
4. Rambu-rambu peringatan harus terlihat dari jauh, sehingga pengendara mengetahui bila akan mendekati perlintasan.

Menurut Imam Subarkah (1981), di Indonesia pertemuan sebidang antara jalan rel dengan jalan raya dikenal dengan istilah lintasan. Jalan perlintasan yaitu jalan rel yang menyilang jalan umum yang permukaannya sama tinggi dengan jalan rel itu sendiri.

Sebagaimana telah diatur dalam Undang-Undang No. 22 Tahun 2009 Tentang Lalu Lintas Dan Angkutan Jalan SK.770/KA.401/DRJD/2005 disebutkan dalam Pasal 114 UU No. 22 Tahun 2009 (Direktur Jendral Perhubungan Darat, 2005), pada perlintasan sebidang antara jalur kereta api dan jalan, Pengemudi Kendaraan wajib:

1. Berhenti ketika sinyal sudah berbunyi, palang pintu kereta api sudah mulai ditutup, dan/atau ada isyarat lain;
2. Mendahulukan kereta api; dan
3. Memberikan hak utama kepada kendaraan yang lebih dahulu melintasi rel.

#### **2.3.4 Pergerakan lalu lintas di persimpangan**

Menurut Hobbs (1995: 448) gerakan kendaraan pada sebuah jalur gerak merupakan hal yang terpenting dalam pertimbangan kapasitas dan pelayanan suatu sistem transportasi. Gerakan pemisahan (*diverging*) merupakan gerakan yang paling sederhana untuk dilakukan sebagaimana keputusan pengemudi terbatas untuk memilih titik untuk meninggalkan arus secara tepat, dengan demikian tidak melibatkan pemilihan waktu gap yang tepat. Peringatan dini yang cukup dari titik



meninggalkan arus diberikan untuk mempermudah pengemudi mengatur kecepatannya secara bertahap sesuai yang dibutuhkan untuk dengan tepat.

Pengemudi yang ingin melakukan gerakan penggabungan (*merging*) menuju suatu arus prioritas dipaksa untuk memilih gap yang tepat. Persyaratan kritis ialah bahwa interval waktu dan jarak, diantara kedatangannya pada titik gabung yang disesuaikan dengan kecepatan sendiri dan kendaraan yang datang selanjutnya pada arus utama. Ukuran gap untuk gerakan penggabungan sangat dipengaruhi oleh kecepatan relatif kendaraan, kondisi kecepatan relatif tinggi membutuhkan gap yang lebih besar untuk gerakan yang aman dan sebaliknya diperlukan gap yang lebih kecil pada kecepatan relatif rendah. Gerakan penyilangan (*crossing*) tanpa kontrol yaitu bila tidak terdapat arus utama, sangat berbahaya sebab kedua pengemudi harus membuat keputusan yang memberikan hak untuk lewat terlebih dahulu kepada satu diantara keduanya.

Gerakan menyalip-nyalip, berpindah-pindah jalur (*weaving*) dapat dianggap kasus dari gerakan penyilangan tetapi titik kejadian sebenarnya bersifat fleksibel, seperti gerakan menyalip pada pertemuan jalan bersudut kecil dimana sudutnya kurang dari 30°. Gerakan menyalip-nyalip dan berpindah-pindah jalur ini harus diperlakukan secara terpisah dari gerakan penyilangan bukan tegak lurus secara langsung. Suatu contoh menyalip-nyalip dan berpindah-pindah jalur adalah yang terjadi pada bundaran dan diantara jalur penghubung masuk dan keluar pada pertemuan jalan tidak sebidang (tidak sama ketinggiannya).

### **2.3.5 Pengaturan Pergerakan pada Persimpangan**

Pengaturan pergerakan pada persimpangan diperlukan untuk memperlancar arus lalu-lintas pada persimpangan dan atau untuk menghindari kemacetan yang terjadi pada persimpangan. Pengaturan pergerakan tersebut dapat dilakukan dengan memasang rambu-rambu lalu-lintas seperti tanda belok kiri, jalan terus, lurus jalan terus dan sebagainya. Juga bias diatur dengan memasang kanal yang berfungsi untuk menyederhanakan gerakan-gerakan kendaraan.

## 2.4 Antrian

Di dalam kehidupan terdapatlah berbagai contoh dari berbagai proses yang menimbulkan masalah baris tunggu (*waiting lines*), atau yang sering disebut dengan masalah antrian (*queues*). Baris tunggu ini terjadi karena pada saat itu bagian/fasilitas pelayanan sedang melayani yang lainnya, sehingga tidak mampu melayani pada saat tersebut. Pelopor dari teori antrian ini adalah A.K. Erlang, seorang insinyur berkembangsaan Denmark yang bekerja pada industri telepon (Husnan, MBA., 1982).

Antrian kendaraan adalah fenomena transportasi yang tampak sehari-hari. Antrian dalam Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997), didefinisikan sebagai jumlah kendaraan yang antri dalam suatu pendekat simpang dan dinyatakan dalam kendaraan atau satuan mobil penumpang. Sedangkan panjang antrian didefinisikan sebagai panjang antrian kendaraan dalam suatu pendekat dan dinyatakan dalam satuan meter.

Menurut Martin Wohl dan Brian V. Martin (1990), teori antrian tertuju pada waktu tunggu (antrian). Tiga elemen yang mempresentasikan antrian yang dapat digunakan untuk menentukan karakteristik antrian adalah:

1. Karakteristik kedatangan atau input
2. Karakteristik pelayanan atau output
3. Prosedur antrian (jenis antrian)

Ada beberapa contoh proses antrian pada jalan raya seperti: persimpangan, parkir, kemacetan jalan, tempat kejadian, daerah pertemuan atau gabungan dan belakang kendaraan yang berjalan lambat.

Antrian pada perlintasan kereta api adalah salah satu contoh pola antrian, sedangkan pola antrian lain akan terjadi pada tempat kecelakaan dan kejadian. Ada atau tidaknya penyusutan pelayanan yang berulang-ulang seperti traffic light atau tidak berulang-ulang seperti kereta api, variasi pelayanan menjadi pertimbangan penentuan pola antrian yang terjadi. Karena pada perlintasan kereta api variasi pelayanan tidak berulang-ulang.

## 2.5 Survei Volume Lalu Lintas

Studi volume lalu lintas dibuat untuk memperoleh data yang akurat mengenai jumlah pergerakan kendaraan dan atau pejalan kaki di dalam atau melalui suatu daerah, atau pada titik-titik yang dipilih pada daerah tersebut melalui sistem jalan raya.

Dari kelima poin dalam survei volume lalu lintas yang digunakan dalam penelitian ini, salah satunya yaitu :

### 1. Jadwal Periode Penghitungan

Periode penghitungan pada lokasi tertentu tergantung pada metode yang digunakan untuk mendapatkan data dan kegunaannya.

Metode penghitungan harus menghindari:

- a. Kondisi waktu khusus: liburan, pertandingan olahraga/sepakbola, pertunjukan/pekan raya, pemogokkan karyawan angkutan umum dan lain-lain.
- b. Cuaca tidak normal
- c. Halangan/perbaikan di jalan didekat daerah tersebut

Penghitungan secara manual disesuaikan dengan kondisi Negara/tempat dimana jadwal berangkat dan pulang kerja dan sekolah, belanja maupun rekreasi sore/malam hari berbeda satu dengan yang lain. Pada periode penghitungan supaya diperhatikan periode waktu puncak (*peak hours*) dimana volume terbesar terdapat pada saat-saat itu.

Data-data jadwal yang dapat dipakai sebagai pedoman adalah:

- a. Periode 12 jam : 06:00 – 18:00
- b. Periode 8 jam : 06:00 – 10.30 dan 14:00 – 17:30
- c. Periode 4 jam : 06:00 – 08:00 dan 14:00 – 16:00

Selain itu dipakai periode : 24 jam, 16 jam dan waktu puncak/*peak hour* (Alamsyah, 2008 : Hal.171-175).

## 2.6 Tundaan

Tundaan yang disebabkan oleh adanya gangguan pada arus lalu lintas akan mengakibatkan kinerja dari sistem lalu lintas terganggu. Tundaan akibat hentian (*stopped delay*) adalah tundaan yang terjadi pada kendaraan dengan kendaraan tersebut berada dalam kondisi benar-benar berhenti pada kondisi mesin masih hidup (*stationer*). Kondisi ini bila berlangsung lama, maka pada akhirnya akan mengakibatkan suatu kemacetan. Tundaan menggambarkan suatu kondisi yang tidak produktif, terutama bila dinilai dalam bentuk uang. Kondisi sistem transportasi dengan tundaan merupakan peningkatan dari proporsi biaya pada masyarakat, terutama yang menggunakan jasa dan fasilitas transportasi dengan kondisi sistem transportasi yang tidak efisien lagi. Sampai saat ini yang dapat dilakukan adalah upaya-upaya menekan terjadinya tundaan tetapi belum dapat sampai menghilangkan tundaan tersebut.

Tundaan akan mengakibatkan selisih waktu antara kecepatan perjalanan dan kecepatan bergerak. Pada sebagian besar pertemuan jalan, waktu operasi akan hilang terutama sekali pada pertemuan jalan yang sebidang, baik yang tidak diatur oleh lampu sinyal maupun yang diatur oleh lampu sinyal. Dalam kondisi kemacetan, waktu yang hilang akibat tundaan dan panjang antrian merupakan parameter yang sangat esensial dan merupakan hal yang sangat penting untuk ditangani.

Tundaan dalam Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997), disebutkan merupakan waktu tempuh tambahan yang diperlukan untuk melalui simpang apabila dibandingkan lintasan tanpa melalui suatu simpang. Tundaan terdiri dari tundaan lalu lintas dan tundaan geometri. Tundaan Lalu lintas (*Vehicle Interaction Delay*) adalah waktu menunggu yang disebabkan oleh interaksi lalu lintas dengan gerakan lalu lintas yang bertentangan. Tundaan Geometrik (*Geometric Delay*) adalah disebabkan oleh perlambatan dan percepatan kendaraan yang membelok simpang dan atau yang terhenti oleh lampu merah. Beberapa definisi tentang tundaan yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut:

1. *Stopped delays* adalah waktu saat kendaraan berada dalam kondisi stasioner akibat adanya aktifitas pada persimpangan. *Stopped delay* disini sama pengertiannya dengan *stopped time*.
2. *Time in queue delay* adalah waktu sejak kendaraan pertama berhenti sampai kendaraan tersebut keluar dari antrian. Pada persimpangan, waktu kendaraan tersebut dari antrian dihitung saat kendaraan melewati *stop line*.

Studi tentang tundaan pada persimpangan, pada umumnya dilakukan secara terpisah pada tiap-tiap persimpangan. Metode yang digunakan berdasarkan pada studi waktu tempuh antara dua titik, dari satu lengan ke lengan lainnya dari persimpangan. Prinsip dari metode ini adalah suatu prosedur input dan output dengan *stopped delay* ( $D_s$ ) yang dihitung dengan formula sebagai berikut:

$$D_s = \sum^n (T_{Ei} - T_{Si})$$

Keterangan :

$D_s$  : stopped delay (detik/kendaraan)  
 $n$  : total kendaraan yang berhenti  
 $T_{Si}$  : waktu saat kendaraan ke  $i$  berhenti  
 $T_{Ei}$  : waktu saat kendaraan ke  $i$  start

## 2.7 Model Hubungan Karakteristik Arus Lalu Lintas

Model adalah suatu upaya mempresentasikan keadaan yang sesungguhnya dan ramalan akan keadaan yang akan datang. Suatu model dibangun atas dasar tingkat hubungan (korelasi) dari variabel-variabel yang mendukung. Dalam pemodelan tundaan dan panjang antrian, variabel yang digunakan adalah durasi penutupan pintu perlintasan.

Data lapangan dihitung dengan menggunakan regresi linier sederhana yang kemudian dilanjutkan dengan perhitungan uji koefisien korelasi, koefisien determinasi, uji  $t$  dan uji  $F$ . Dalam penelitian ini digunakan beberapa model yang nantinya akan dipilih model mana yang paling sesuai merepresentasikan keadaan yang terjadi di lapangan. Model tersebut antara lain:

- a. Linier :  $Y = a + b_i.X$  ..... (2.1)
- b. Logarithmic :  $Y = a + b_i.Ln(X)$  ..... (2.2)
- c. Quadratic :  $Y = a + b_i.X + b_i.X^2$  ..... (2.3)
- d. Cubic :  $Y = a + b_i.X_i + b_2.X^2 + b_3.X^3$  ..... (2.4)
- e. Exponential :  $Y = a.(e^{b_i.x})$  ..... (2.5)

Keterangan:

a : konstanta

$b_{i,2,3}$  : koefisien regresi

$X_{i,2,3}$  : variabel bebas

e : bilangan alam = 2.714

Dengan menggunakan model ini, dicoba untuk memperkirakan keadaan dimasa mendatang dengan mengukur variabel bebas dan sampai seberapa besar pengaruhnya terhadap variabel tidak bebas yang akan diramalkan.

Model regresi adalah suatu model statistik untuk mengetahui hubungan antar sifat suatu permasalahan yang diselidiki. Dengan model regresi, diharapkan dapat memodelkan hubungan dua variabel atau lebih, dimana terdapat variabel tidak bebas (Y) dan variabel bebas (X) atau lebih dari satu variabel bebas ( $X_i, X_2, \dots, X_n$ ) dan terdapat hubungan fungsional antara variabel bebas dan variabel tidak bebas, yaitu Y sebagai fungsi dari X. Para ahli statistik menamakan hubungan fungsional tersebut dengan sebutan *Regresi Y pada X*.

Model regresi yang menentukan hubungan variabel tidak bebas (Y) dengan satu variabel bebas (X) disebut dengan Regresi Sederhana. Sedangkan model regresi yang menentukan hubungan variabel tidak bebas (Y) dengan dua atau lebih variabel bebas (X), disebut *Regresi Berganda*.

## 2.8 Pengujian Statistik

### 2.8.1 Analisis Regresi

Analisis regresi merupakan model matematis yang dapat digunakan untuk mengetahui pola hubungan antara dua atau lebih variabel dan juga bisa untuk menghitung persamaan regresi linier sederhana dan regresi berganda, diagnosa,

colinieritas, harga prediksi serta residual. Tujuan utama analisis regresi adalah untuk melakukan pengujian hubungan antara sebuah variabel dependen (tidak bebas) dengan satu atau beberapa variabel independen (bebas) yang ditampilkan dalam bentuk persamaan regresi. Jika variabel dependen dihubungkan dengan satu variabel independen saja, persamaan regresi yang dihasilkan adalah regresi linier sederhana (*linier regression*). Jika variabel independennya lebih dari satu, maka persamaan regresinya adalah persamaan regresi linier berganda (*multiple linier regression*). Adapun persamaan regresi sederhana adalah :

$$Y = a + bX \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan :

Y = variabel tidak bebas (dependen)

X = variabel bebas (independen )

a = nilai konstanta

b = koefisien regresi

Harga a dapat dihitung dengan persamaan :

$$a = \frac{\sum y(\sum x^2) - \sum x \cdot \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \dots\dots\dots (2.7)$$

$$b = \frac{n \sum xy - (\sum x \cdot \sum y)}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \dots\dots\dots (2.8)$$

Untuk persamaan regresi berganda (*multiple regression*) adalah

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots\dots\dots + b_nX_n \dots\dots\dots (2.9)$$

Keterangan :

Y = variabel tidak bebas

A = nilai konstanta

$b_1, b_2, b_n$  = kemiringan (slope) kurva linier

$X_1, X_2, X_n$  = variabel bebas (independen)

### 2.8.2 Analisis Koefisien Korelasi

Analisis koefisien korelasi adalah alat statistik yang dapat digunakan untuk menentukan kuatnya hubungan antara variabel bebas dan variabel tidak bebas yang dinyatakan dengan nilai koefisien korelasi ( $r$ ). Koefisien korelasi adalah suatu ukuran asosiasi (linier) relatif antara dua variabel. Nilai koefisien korelasi bervariasi antara -1 sampai dengan +1 ( $-1 < r < +1$ ). Apabila nilai koefisien korelasi sama dengan 0 (nol), maka dikatakan tidak terdapat korelasi antara peubah bebas dan peubah tidak bebas, sedangkan apabila nilai koefisien korelasi sama dengan 1 (satu) dikatakan mempunyai hubungan yang sempurna. Nilai koefisien korelasi dihitung dengan rumus sebagai berikut ini:

$$r = \frac{n \sum xy - \sum x \cdot \sum y}{\sqrt{\{(n \sum x^2 - (\sum x)^2)\} \{(n \sum y^2 - (\sum y)^2)\}}} \dots \dots \dots (2.10)$$

Sebagai koefisien penentu digunakan koefisien determinasi ( $R^2$ ) yang dihitung dengan mengkuadratkan nilai koefisien korelasi.

### 2.8.3 Analisis Koefisien Determinasi

Koefisien determinasi adalah korelasi antara nilai  $\hat{Y}$  dan  $Y$  ditulis  $R$ , yang disajikan secara statistik dalam bentuk  $R^2$ . Besarnya nilai koefisien determinasi menunjukkan besarnya persentase pengaruh semua variabel independen terhadap nilai variabel dependen. Besarnya nilai koefisien determinasi berkisar antara 0 (nol) sampai dengan 1 (satu). Secara matematis dirumuskan sebagai berikut:

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (Y - \hat{Y})^2}{\sum_{i=1}^n (Y_1 - \bar{Y})^2} \dots \dots \dots (2.11)$$

Keterangan :

$R$  = koefisien determinasi

$\hat{Y}$  = variabel tidak bebas yang dicari dari persamaan regresi

$\bar{Y}$  = rata-rata nilai variabel tidak bebas aktual

$Y_i$  = nilai variabel tidak bebas aktual

$n$  = jumlah pengamatan



Bila semakin besar nilai  $R^2$ , maka akan semakin tepat suatu garis linier yang digunakan sebagai pendekatan. Nilai  $R^2$  suatu persamaan regresi semakin mendekati nol, menunjukkan semakin kecil pengaruh variabel independen terhadap variabel dependennya. Sebaliknya, semakin mendekati nilai satu, menunjukkan semakin besar pengaruh semua variabel dependennya.

## 2.9 Pengujian Signifikansi

Pengujian ini digunakan untuk menentukan linear tidaknya hubungan antara variabel bebas dan variabel tidak bebas, yang biasanya digunakan dengan istilah uji F dan uji t. Uji t digunakan untuk menentukan apakah terdapat pengaruh antara variabel bebas dan variabel tidak bebas. Nilai uji t dihitung sesuai dengan derajat kebebasan (df) dan tingkat kepercayaan ( $\alpha$ ). Sebagai tolok ukur pada pengujian ini adalah membandingkan antara nilai t hasil hitungan dengan nilai t dari tabel distribusi t pada taraf signifikansi yang dipilih. Nilai t dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut ini:

$$t_{oi} = bi = \frac{n - i - 1}{Sbi \sqrt{1 - r^2}} \dots \dots \dots (2.12)$$

Keterangan:

$t_{oi}$  : nilai statistik untuk pengujian koefisien regresi

$b_i$  : koefisien regresi

$s_{b_i}$  : deviasi standar koefisien regresi

$r$  : koefisien korelasi parsial

$n - i - 1$  : derajat kebebasan

$i$  : jumlah variabel

Pengujian nilai F adalah untuk memilih model yang paling baik diantara model yang didapat dan menentukan apakah suatu model layak digunakan serta untuk menguji signifikansi secara menyeluruh antara variabel tidak bebas dengan variabel bebas. Nilai uji F diambil sesuai dengan derajat kebebasan (df) dan tingkat kepercayaan ( $\alpha$ ). Sebagai patokan adalah nilai F dari tabel. Nilai F dikatakan

memenuhi syarat apabila nilai F dari hasil hitung lebih besar dari nilai F tabel untuk taraf signifikansi yang dipilih, karena terdapat hubungan antara variabel bebas dan variabel tidak bebas. Untuk persamaan regresi linier sederhana nilai F dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut ini:

$$F = \frac{R^2 / K}{(1 - R^2) / (n - k - 1)} \dots \dots \dots (2.13)$$

Keterangan :

n : jumlah pengamatan

k : jumlah variable

## 2.10 *Statistical Product and Service Solutions (SPSS) Versi 13.0*

SPSS merupakan suatu program komputer statistik yang relatif fleksibel dan dapat digunakan untuk hampir semua bentuk dan tingkatan penelitian, karena mampu menganalisa data besar dan semua alat uji tersedia pada program ini (Hadis, Christmas Samodra. 2013).

Hubungan antara proses pengolahan data dalam komputer dengan SPSS adalah sebagai berikut :

### 1. Komputer

Komputer pada dasarnya digunakan untuk mengolah data menjadi informasi yang berarti. Data yang akan diolah dimasukkan sebagai input data, kemudian dengan proses pengolahan oleh komputer dihasilkan output berupa informasi untuk kegunaan lebih lanjut.

Pengolahan data menjadi informasi dengan komputer :



### 2. Statistik

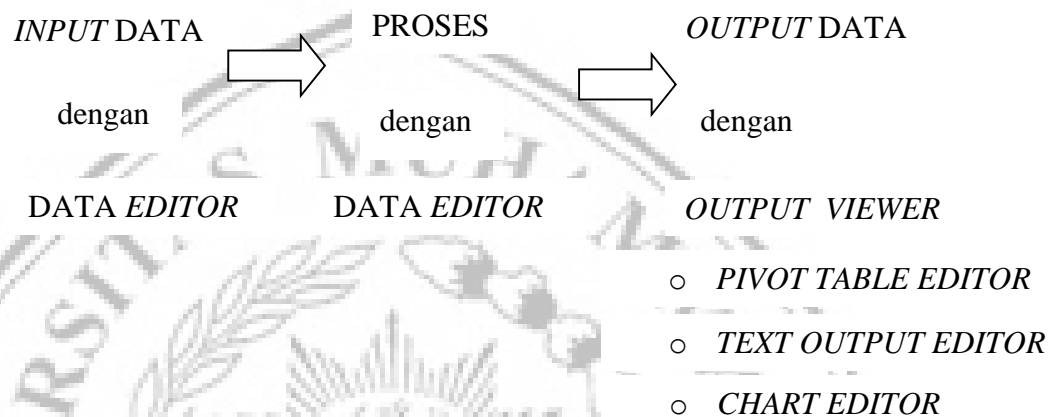
Statistik juga merupakan fungsi yang mirip dengan komputer yaitu mengolah data dengan perhitungan statistik tertentu yang kemudian menjadi informasi berarti.

Cara kerja proses perhitungan dengan statistik :



### 3. SPSS

SPSS dalam pengolahan datanya pun memiliki kemiripan dengan kedua proses diatas, tetapi disini ada beberapa variasi dalam penyajian input data dan output data yang dihasilkan.



Penjelasan proses statistik menggunakan SPSS :

- Data yang akan diperoleh dimasukkan lewat menu **DATA EDITOR** yang secara otomatis muncul di layar SPSS saat diaktifkan.
- Data yang telah dimasukkan kemudian di proses, juga melalui **DATA EDITOR**.
- Hasil pengolahan data akan muncul di layar yang lain dari SPSS, yaitu **OUTPUT VIEWER**.
- Pada menu **OUTPUT VIEWER**, informasi atau *output* statistik bisa ditampilkan secara :

#### 1) Teks atau tulisan

Pengerjaan (perubahan bentuk huruf, penambahan, pengurangan, dan lainnya) yang berhubungan dengan *output* berbentuk tabel bisa dilakukan lewat menu *Text Output Editor*.

#### 2) Tabel

Pengerjaan (*pivoting* tabel, penambahan, pengurangan tabel, dan lainnya) yang berhubungan dengan *output* berbentuk tabel dilakukan lewat *menu Pivot Table Editor*.

3) Grafik (*chart*)

Pengerjaan (perubahan tipe grafik dan lainnya) yang berhubungan dengan *output* yang berbentuk grafik dapat dilakukan lewat *menu Chart Editor*.

